

智能建造技术在建筑工程中的应用研究

钱俊超

中南建筑设计院股份有限公司，湖北 武汉 430060

DOI:10.61369/ERA.2025120018

摘要：在建筑工程领域，智能建造技术凭借融入人工智能、物联网、大数据、BIM 等先进手段，已逐步发展为关键组成部分。运用该技术可切实提升设计与施工阶段的工作效率，改善建筑品质，减少成本投入并压缩工期时长，设计环节中，BIM 技术对建筑方案起到优化作用，同时提高了设计精度；施工期间，智能化施工设备与机器人技术增强了自动化程度，降低了人为操作失误的发生率；进入运营与维护阶段后，智能监控与数据分析技术让建筑物的管理工作更为高效，进一步延长了建筑物的使用年限，智能建造技术的推广应用，不仅推动建筑行业实现数字化转型，还为绿色建筑发展、能源节约与排放减少提供了坚实支撑，具备重要的现实价值与广阔的应用空间。

关键词：智能建造技术；建筑工程；BIM；技术创新；施工自动化

Research on the Application of Intelligent Construction Technology in Architectural Engineering

Qian Junchao

Central-South Architectural Design Institute Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430060

Abstract： In the field of architectural engineering, intelligent construction technology, integrating advanced approaches such as artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), big data, and Building Information Modeling (BIM), has gradually become a crucial component. The application of this technology can effectively enhance work efficiency during both the design and construction phases, improve building quality, reduce costs, and shorten project timelines. In the design stage, BIM technology optimizes architectural plans while improving design accuracy. During construction, intelligent construction equipment and robotics enhance automation levels and reduce the incidence of human operational errors. After entering the operation and maintenance phase, intelligent monitoring and data analysis technologies make building management more efficient, further extending the service life of buildings. The promotion and application of intelligent construction technology not only drive the digital transformation of the construction industry but also provide solid support for the development of green buildings, energy conservation, and emission reduction, possessing significant practical value and broad application prospects.

Keywords： intelligent construction technology; architectural engineering; BIM; technological innovation; construction automation

引言

建筑行业正朝着全新的数字化时代迈进，这一变革的核心驱动力便是智能建造技术。伴随人工智能、物联网、BIM 等技术的持续进步，建筑工程在设计模式、施工流程及管理方法上均产生了深刻改变，这些先进技术在提升工程效率与保障工程质量方面发挥显著作用，同时在控制成本支出、缩短工期进程等方面也展现出巨大潜力，当前建筑行业面临劳动力供给不足、资源利用效率偏低等问题，而智能建造技术恰好提供了创新性的解决路径，该技术的广泛普及为建筑行业实现可持续发展创造了新的机遇，相关内容值得开展深入的探讨与研究。

一、智能建造技术的概述

（一）智能建造技术的基本构成

在建筑行业向数字化、智能化转型的进程中，智能建造技术

应运而生，它是多种先进技术相互融合的成果。其核心组成包含人工智能（AI）、物联网（IoT）、大数据分析、建筑信息模型（BIM）以及机器人技术等关键要素，借助机器学习与深度学习手段，人工智能能够对海量数据展开分析并制定智能决策，进而优

化设计流程与施工环节，物联网则利用传感器、摄像头等各类设备，将建筑施工现场的设备与人员实时关联起来，达成信息的顺畅传输与实时监控，大数据技术可对建筑工程从设计、施工直至运营维护全流程产生的数据进行高效处理与深度分析，为工程管理工作提供科学的决策参考。^[1-3]

作为智能建造的核心工具，BIM 技术依托三维建模与信息集成能力，实现了设计、施工及运维阶段数据的统一管理，有效提升了工程的精度与整体效率，相关数据显示，应用 BIM 技术能够使设计错误减少 30%~50%，施工阶段的成本节约幅度可达 10%~20%，在建筑施工现场，机器人技术的应用，特别是在高危作业场景或重复性劳动环节，能够有效降低人员受伤风险与施工误差，进一步提升施工效率，通过这些技术的深度融合，智能建造技术为建筑行业各环节的优化提供了具有革命性意义的解决方案。^[4]

（二）智能建造技术的发展历程

智能建造技术的发展源头可追溯至 20 世纪 90 年代，彼时计算机辅助设计（CAD）技术已开始在建筑行业逐步推广应用，为建筑设计工作搭建起数字化操作平台，但随着建筑行业对工程精度与工作效率的要求不断提高，传统的设计模式与施工方式逐渐难以满足行业发展需求，步入 21 世纪后，信息技术的快速发展促使建筑行业开始逐步接纳更为智能化的工具与运作方法。^[5-8]

2000 年代，BIM 技术的兴起为智能建造的发展提供了更加强有力的数据支撑。BIM 技术不仅能在设计阶段实现虚拟建造，还能在施工与运营阶段对信息进行全生命周期管理，进入 2010 年代，物联网与大数据技术的结合推动智能建造技术走向深度应用，建筑工程领域中的传感器与数据采集技术被广泛用于施工现场的实时监控与环境数据分析工作，尤其在提升建筑施工精度与工作效率方面，智能建造技术展现出显著成效，如今，随着人工智能与机器人技术的持续进步，智能建造技术的应用范围得到进一步拓展，从施工现场的自动化操作到建筑管理的智能化升级，正不断改变传统建筑行业的运作模式。

二、智能建造技术在建筑设计中的应用

（一）BIM 技术在建筑设计中的应用

建筑信息模型（BIM）技术应用于建筑设计领域，大幅提升了设计工作的效率与精准程度。借助构建数字化三维模型，BIM 能够全面整合设计、结构、施工等多类信息，所有设计团队成员可在同一平台上实时共享数据，进而减少因信息传递不对称引发的设计偏差，行业报告指出，BIM 技术可使设计阶段的失误率降低 30%~50%，同时加快设计推进速度，其具备的三维可视化功能，让设计师在设计初期便能提前察觉潜在问题并进行调整优化，避免后期施工阶段出现大规模修改与成本损耗。

BIM 还拥有强大的碰撞检测能力，在建筑设计过程中，可自动识别设计图纸内的冲突与不一致之处，保障建筑各部分结构的协调适配，依托 BIM 模型，设计团队能够精准计算每个建筑元素的尺寸与位置，提升设计精度，减少因测量偏差造成的成本超出预算与工期延误问题，在结构复杂的建筑项目里，BIM 的运用实现了更精

细化的设计，从而达成节能、环保与功能优化等多方面目标。

（二）AI 与大数据在建筑设计中的智能决策

人工智能（AI）与大数据的结合，为建筑设计提供了更具智能化的决策支撑。AI 可对历史建筑设计数据展开分析，生成设计优化方案，尤其在建筑风格定位、空间利用规划、结构布局设计等创新领域，AI 能通过自学习算法提出创新性较强的设计思路，AI 不仅可以模拟不同设计方案的实施效果，还能预判方案在实际施工中的可行程度，并给出优化建议，进而加快设计迭代进程，面对多个设计方案时，AI 可依据实际需求自动评估各方案的合理性，推荐最优选择。

大数据技术让建筑设计阶段的决策更具科学性，通过分析大量来自不同建筑项目的数据，设计师能够获取建筑材料特性、环境影响因素、施工效率水平等方面的实时数据支持，进一步优化设计方案，大数据还可对建筑设计中的能源效率进行模拟分析，助力设计团队挑选出最节能、环保的设计方案，在建筑物投入使用后，大数据分析能够协助监控建筑的各项性能指标，像温度、湿度、能源消耗等，为优化建筑全生命周期管理提供数据依据。

三、智能建造技术在施工阶段的应用

（一）智能建造技术在施工阶段的应用

建筑施工阶段引入自动化施工设备与机器人技术后，施工效率与精度得到显著提升，以建筑施工中的 3D 打印技术为例，该技术已在建筑结构施工中广泛应用，借助自动化打印设备，建筑材料可逐层堆积，精度能达到毫米级别，大幅提高建筑精度的同时降低人力成本，尤其在复杂结构施工或特殊材料应用场景中，3D 打印的优势更为突出，行业数据显示，应用 3D 打印技术可使传统施工时长缩短约 30%，材料浪费率控制在 20% 左右。

与此同时，机器人技术在建筑施工中也发挥着重要作用，机器人可承担高风险或高强度作业，例如高空操作、危险区域施工等任务，无人驾驶施工机器人在施工现场的使用，大幅减少人工干预，降低施工过程中人为失误的发生概率。以隧道施工为例，自动化掘进机（TBM）能够精准完成隧道开挖工作，挖掘速度与精度比人工操作高出约 40%，且明显提升施工安全性，此外，机器人还可用于钢筋绑扎、混凝土浇筑等重复性作业，提高施工效率，缩短工期。

无人机（UAV）技术在施工现场实时监控与数据采集工作中作用显著，无人机可在施工现场高效开展地形测绘、建筑物外观检查及施工进度跟踪工作，相关调查数据表明，利用无人机进行测绘比传统人工方式节省约 50% 的时间，误差范围控制在 2 厘米以内，大幅提升数据精准度与施工进度的可视化程度。

（二）智能监控技术在施工质量与安全性中的应用

智能监控技术通过实时采集施工现场各类数据，保障施工质量与作业安全，依托传感器与物联网技术，施工现场的温湿度、材料质量、设备运行状况等信息均可实现实时监控，智能监控系统能根据收集到的数据，自动分析施工环境中的风险要素，比如，当环境温度过高或湿度过大时，建筑材料强度可能受到影

响,智能系统会及时发出预警,避免因环境因素引发质量问题。

在安全保障方面,智能监控技术的应用进一步降低施工风险,施工现场安装的智能传感器与摄像头,不仅能实时捕捉施工过程中潜在的危险,如人员误入危险区域、机械设备故障等情况,还可通过面部识别与穿戴设备监测工作人员的安全状态,以智能安全帽为例,其可实时监测工人的生理指标,如体温、心率等,一旦出现异常,系统会立即提醒工作人员撤离危险区域,通过这些措施,施工现场的事故发生频率已明显下降。

智能监控系统还整合大数据分析功能,能对施工中的各项参数进行长期跟踪分析,发现潜在质量隐患并提前预警,相关数据显示,应用智能监控系统可使施工事故发生率降低30%以上,施工质量合格率提高15%,通过智能化监控,施工过程的可控性与安全性得到大幅提升。

(三) 智能建造技术在施工阶段的应用效果

在施工阶段引入智能建造技术后,整体施工效率、质量与安全性均得到了明显提升。通过3D打印技术,建筑结构施工的精度已达到毫米级,施工周期缩短,并且材料浪费大幅减少,这不仅优化了施工流程,也有效降低了成本。自动化设备与机器人在高风险、高强度作业中发挥了关键作用,像隧道掘进机(TBM)和钢筋绑扎机器人,不仅提升了作业精度与速度,还显著提高了施工安全性。

此外,无人机的引入使得测绘、外观检查与进度监控更高效,节省了一半以上的时间,并提升了数据的精准度和可视化水平。与此同时,智能监控系统借助物联网与大数据分析实现了施工环境、材料及设备的实时监测与预警。智能安全帽等可穿戴设备更进一步保护了工人安全。

四、智能建造技术在运营与维护阶段的应用

(一) 智能建造技术在建筑物运营中的应用

当建筑完成竣工进入运营阶段后,智能建造技术主要依靠智能传感器与远程监控系统,提升建筑物的运行效率与使用舒适性,智能传感器被广泛应用于建筑物的各类系统当中,涵盖供暖、通风、空调(HVAC)、电力、照明等领域,这些传感器通过实时采集数据,对建筑内部环境的各项参数进行监控,比如温度、湿度、气流状况等,依据不同时间段的实时数据,这些传感器能够调整建筑系统的工作状态,在保障环境舒适性的同时实现

节能目标。

除此之外,智能传感器还能对建筑物的结构健康状况展开监控,具体包括检测墙体裂缝、管道渗漏、电力系统故障等问题,这些监测数据会通过远程监控系统实时传输至管理平台,让相关工作人员能够快速做出响应,开展必要的维修或保养工作,避免传统维护模式中因检测与反应延迟,而引发的安全隐患及高额维修费用,借助这种智能化的管理方式,建筑物的运营效率得到明显提升,其使用寿命也相应延长。

(二) 远程监控与数据分析在建筑物维护管理中的应用

作为智能建造技术的重要组成部分,远程监控系统在建筑物运营过程中发挥着不可忽视的作用,远程监控系统与智能传感器相互结合,能够实时监测建筑物的运行状态,同时借助云平台完成数据存储与分析工作,这类系统不仅可以实时提供建筑系统的运行数据,还能通过大数据分析,对设备的维护需求进行预测,例如智能电力系统,它能根据设备的使用频率与负载情况,预判电力设备出现故障的风险,进而提前安排维护作业,防止设备突发故障。

在建筑物的维护管理工作中,数据分析占据着至关重要的地位,管理人员通过分析建筑运营期间收集到的大量数据,能够识别出建筑设施的运行趋势,发现潜在的维护问题,并制定出相应的优化方案,比如通过分析建筑的能耗数据,可找出在能效方面存在不足的系统或设备,随后调整其使用策略或进行设备更新,另外,智能数据分析还能帮助管理人员优化建筑物的能源管理方案,减少不必要的能源消耗,以此实现绿色建筑目标,进一步提升建筑物的可持续性与经济效益。

五、结语

在建筑行业的各个阶段,智能建造技术的应用都发挥着重要作用,尤其在设计、施工以及运营维护阶段,有力推动了建筑行业的数字化转型与智能化发展进程。从BIM技术实现的精准设计,到机器人、无人机助力的高效施工,再到智能传感器与远程监控技术对建筑运营的持续优化,智能建造技术大幅提升了建筑工程的效率、质量与安全性,随着技术的不断进步,智能建造技术在建筑行业中的作用将愈发重要,推动建筑行业朝着更高效、绿色、可持续的方向迈进,最终构建出智能化、自动化的建筑生态系统。

参考文献

- [1] 张建弘,曹真真. 建筑工程管理中智能建造技术的创新应用[J]. 房地产世界,2024,(19):164-166.
- [2] 林满. 基于智能建造的装配式建筑施工关键技术研究与应用[J]. 城市建设理论研究(电子版),2024,(29):127-129.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202429041.
- [3] 邱梦娟,周培松. 安置房项目中智能建造技术的应用研究[J]. 住宅产业,2024,(09):75-77.
- [4] 孔繁松. 智能建造技术在建筑工程管理中的应用与价值分析[J]. 价值工程,2024,43(28):27-29.
- [5] 石恩岭. 智能建造在建筑工程技术专业中的运用[J]. 学园,2024,17(26):31-33.
- [6] 尹大伟,钱峰,王嘉. 智能建造BIM技术在复杂建筑工程的集成应用与技术创新研究[J]. 四川建筑,2024,44(02):82-84.
- [7] 郝毅. 智能建造技术在建设工程管理中的创新应用研究[J]. 新城建科技,2024,33(07):188-190.
- [8] 曾德伟. 智能建造技术的应用与发展[J]. 中国住宅设施,2024,(04):4-6.